

УДК 621.314

О.В.ХВОЩАН, ИИПТ НАН Украины, Николаев;
Ю.И.КУРАШКО, канд.техн.наук, ИИПТ НАН Украины, Николаев;
В.В.ЛИТВИНОВ, ИИПТ НАН Украины, Николаев

РЕГУЛИРОВАНИЕ ЗАРЯДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПОГРУЖНЫХ СКВАЖИННЫХ КОМПЛЕКСАХ

Розглянуто можливість широтно-імпульсного регулювання в зарядному колі заглиблених свердловинних пристроїв, визначено його переваги та недоліки в порівнянні з амплітудним регулюванням.

The possibility of the latitudinal-impulsive adjusting in the charge circle of submersible well devices is considered, the advantages and failings to the peak adjusting are certain.

Введение. Одной из особенностей разработанных и действующих в настоящее время электроразрядных комплексов для увеличения притока нефти и воды в скважины является их конструктивное исполнение, что обусловлено удаленным расположением объекта обработки (призабойной зоны пласта) от источника питания. Комплекс состоит из наземной части (источника питания), погружной части и соединяющего их трех- или семижильного кабеля, определяющего в основном КПД зарядной цепи комплекса.

Ранее [1, 2] были проведены исследования, направленные на повышение эффективности зарядных процессов в комплексе, при этом регулирование передаваемой мощности осуществлялось изменением амплитуды передаваемого по кабелю напряжения. Основной **задачей** настоящей работы является рассмотрение возможности широтно-импульсного регулирования (ШИР) в зарядной цепи комплекса, определение его преимуществ и недостатков сравнительно с амплитудным регулированием.

Результаты исследований. Анализ различных вариантов исполнения зарядной цепи ГИТ погружных скважинных устройств [1] позволил остановиться на ее решении, изображенном на рис. 1.

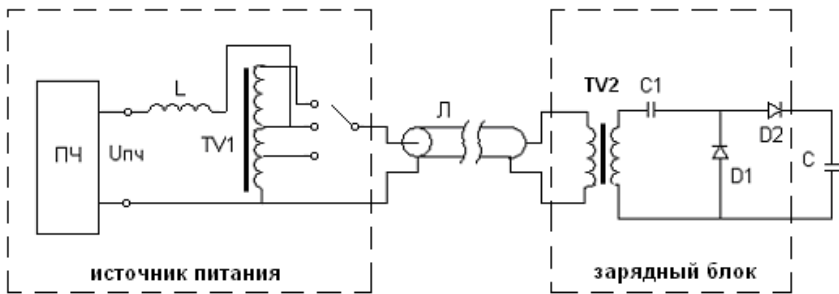


Рисунок 1 – Схема зарядной цепи погружного комплекса

На рис. 1 ПЧ – преобразователь частоты, состоящий из трехфазного выпрямителя и инвертора напряжения; L – сглаживающий дроссель; TV1 – регулирующийся трансформатор источника питания; Л – кабельная линия, соединяющая погружную часть комплекса с наземной; TV2 – высоковольтный трансформатор; C1, D1, D2 – конденсатор и диоды выпрямителя, выполненного по несимметричной схеме удвоения Латура; C – накопительный конденсатор.

Наземная часть установки представляет собой источник питания, работающий от сети промышленного напряжения 380 В, 50 Гц. Электрическая принципиальная схема силовой части источника питания изображена на рис. 2. Источник питания передает в кабельную линию напряжение (400...700) В частотой $3 \cdot 10^3$ Гц. Выходное напряжение источника может изменяться в зависимости от длины, типа кабельной линии и величины входного напряжения, которое желательно поддерживать неизменным для стабилизации режима зарядки накопительной емкости (заряд емкости $2,4 \cdot 10^{-6}$ Ф до напряжения $3 \cdot 10^4$ В за время 5 с).

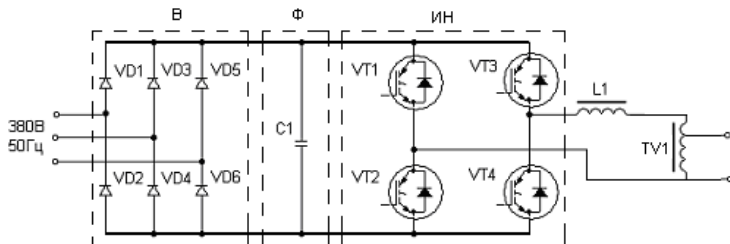


Рисунок 2 – Принципиальная схема источника питания

Изменение зарядной мощности при амплитудном регулировании напряжения, подаваемого в кабель при использовании схемы рис. 2, показано на рис. 3. Приведены характеристики для напряжения синусоидальной и

прямоугольной формы, рассчитанные при помощи программы PSpice. При одних и тех же значениях действующего напряжения синусоидальная форма позволяет передавать на 14 % большую мощность сравнительно с прямоугольным, при этом КПД зарядной цепи на 16 % выше.

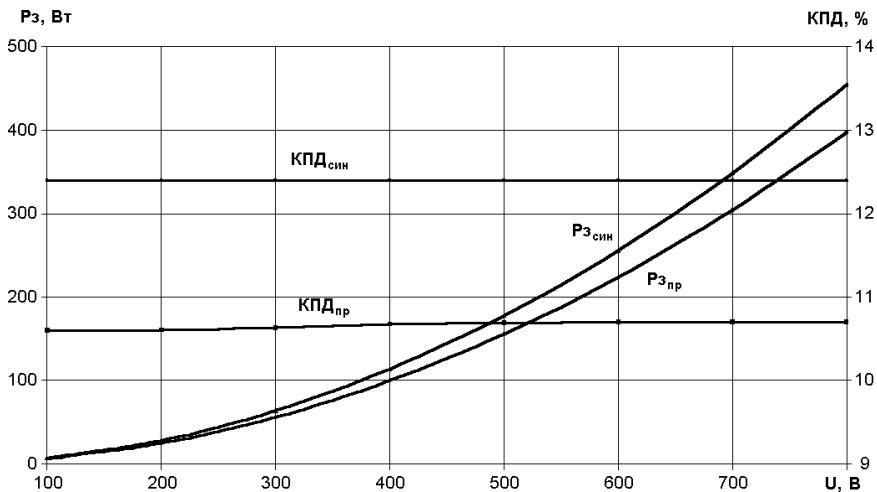


Рисунок 3 – Регулирование зарядной мощности при синусоидальной и прямоугольной форме напряжения, подаваемого в кабель длиной 5 км

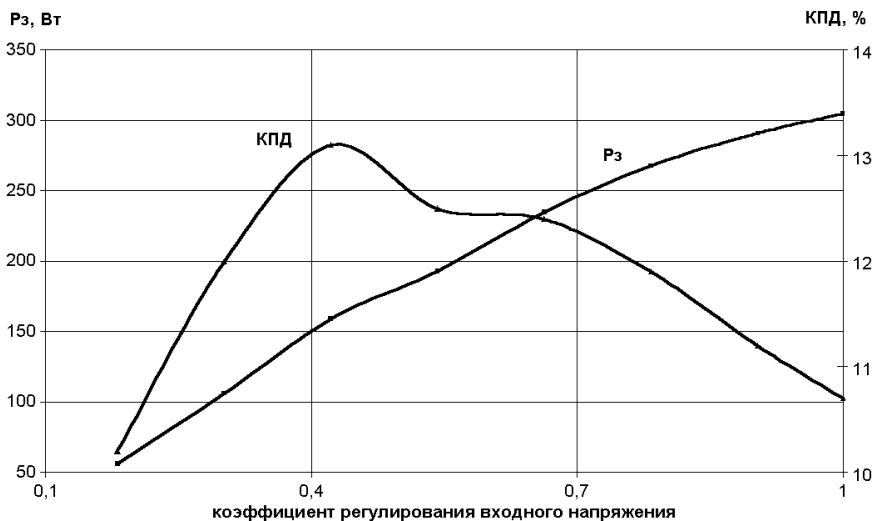


Рисунок 4 – Характеристики зарядной цепи при ШИР (кабель длиной 5 км, прямоугольная форма импульса напряжения, передаваемого по кабелю)

Одним из минусов амплитудного регулирования является дискретное изменение величины амплитуды напряжения, что достигается использованием выводов-отпаек трансформатора TV1, а соответственно усложнением его конструкции. Возможной альтернативой является использование ШИР, т.е. регулирования системой управления ширины импульса напряжения, формируемого транзисторами VT1-VT4. На рис. 4 приведены характеристики зарядной цепи комплекса при ШИР для кабеля КГЗ-60-90 строительной длины 5 км при амплитуде прямоугольного напряжения, передаваемого в кабель, 700 В.

Как можно увидеть из рис. 4, уменьшив ширину импульса напряжения, подаваемого в кабель, можно достичь увеличения КПД зарядной цепи комплекса. Так, при коэффициенте регулирования входного напряжения 0,4 КПД цепи повышается на 22 %. Частично данный факт объясняется уменьшением коэффициента гармоник в кривой напряжения, который показывает отношение высших гармоник к основной:

$$K_r = \frac{1}{U_1} \sqrt{\sum_{i=2}^n U_i^2}, \quad (1)$$

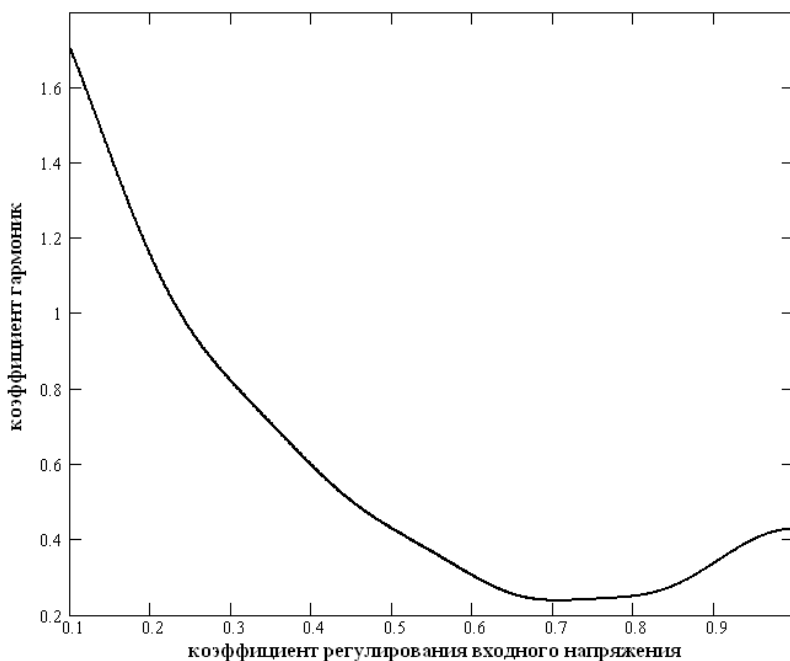


Рисунок 5 – Изменение коэффициента гармоник от коэффициента регулирования напряжения [3]

Кривая изменения коэффициента гармоник от коэффициента регулирования напряжения приведена на рис. 5 и имеет минимум в районе коэффициента регулирования 0,65-0,8. Теоретически в данном диапазоне в кабель передается, в основном, первая гармоника напряжения, что должно привести к уменьшению потерь в кабеле, которые напрямую зависят от частоты передаваемого напряжения.

Достаточно часто на скважинах используют меньшие длины кабеля, в результате уменьшается сопротивление в зарядной цепи и возникает необходимость снижения передаваемой в нагрузку мощности. На рис. 6 изображены кривые зарядной мощности и КПД при ШИР в зарядной цепи погружного комплекса с кабелем длиной 3 км при амплитуде подаваемого в кабель напряжения 500 и 700 В. Как видно из графиков, в диапазоне регулируемой полезной мощности 200-300 Вт более целесообразно использовать ШИР при амплитуде напряжения 700 В, так как КПД зарядной цепи при этом значении напряжения на ~ 20 % выше.

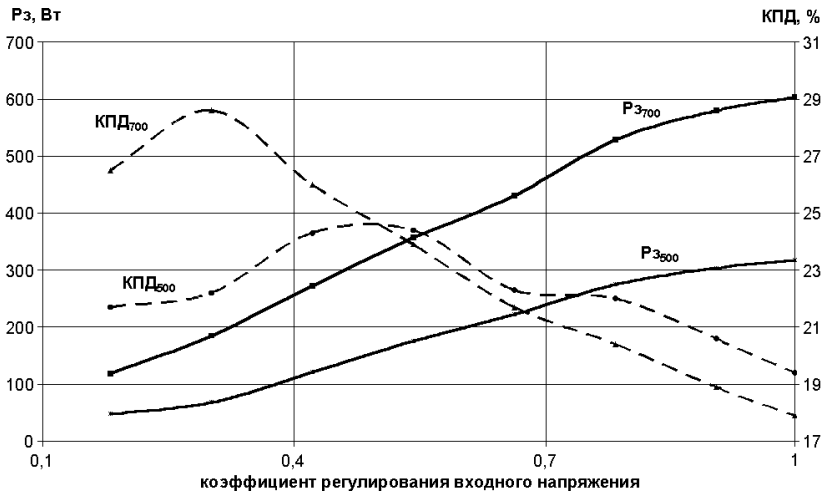


Рисунок 6 – ШИР при работе погружного комплекса с кабелем длиной 3 км

По результатам проведенных расчетов можно сделать вывод о том, что ШИР в зарядной цепи погружного скважинного комплекса более предпочтительно в сравнении с амплитудным регулированием.

Список литературы: 1. Ю.И.Курашко, О.В.Хвоцан, И.С.Швец Анализ схем зарядных цепей генераторов импульсных токов установок погружного типа // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Тематичний випуск «Електроенергетика і перетворююча техніка». – 2006. – № 17. – С.127-137. 2. А.А.Щерба, О.В.Хвоцан, Ю.И.Курашко, И.С.Швец, Н.Н.Климанский Оптимизация режимов в зарядных цепях высоковольтных электроразрядных погружных систем

для электроимпульсной обработки нефтяных скважин // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск «Проблеми сучасної електротехніки». – 2006. – Ч. 5. – С. 98-101. 3. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи. – М.: Высшая школа, 1978. – 528 с.

Поступила в редколлегию 17.03.2009.